

# Interfaces para el Monitoreo y Control de Procesos Industriales

Sergio Martig - Silvia Castro

Laboratorio de Investigación en Visualización y Computación Gráfica  
Dpto. de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología Informática (IICyTI)  
Universidad Nacional del Sur  
Bahía Blanca – Argentina

e-mail: [[srm](mailto:srm@cs.uns.edu.ar), [smc](mailto:smc@cs.uns.edu.ar)][@cs.uns.edu.ar](mailto:smc@cs.uns.edu.ar)

## 1 Introducción:

Las interfaces son la cara visible de los sistemas, constituyendo el medio de comunicación entre los actores de un proceso interactivo.

Los actores, desde nuestro punto de vista, son los humanos y las computadoras. Ambos muy complejos y muy diferentes entre sí, tanto en la forma de comunicarse, como en la de realizar las tareas. La interfaz debe permitir a ambos comunicarse efectivamente para lograr, de esta manera, interacciones exitosas. Resulta claro que esa comunicación puede fallar en distintos puntos y por distintas razones.

En particular las interfaces para el monitoreo y control de procesos industriales poseen características distintivas, muchas de ellas críticas, que impactan fuertemente en la comunicación que se debe propiciar.

La incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas de control y los avances en las tecnologías de recolección y comunicación de datos han impactado en la forma en que los operadores interactúan con los sistemas de monitoreo y control.

El ingeniero de sistemas de control debe decidir cómo aprovechar mejor los nuevos recursos, provistos por la innovación tecnológica, y de qué manera impactan en la interfaz hombre-máquina. Las cuestiones relativas a la interfaz hombre-máquina involucran decisiones sobre la cantidad y tipo de responsabilidad de control que se debe delegar en el operador y cuánto puede éste manejar en forma segura. En este sentido, el ingeniero de control debe resolver aspectos, tales como la determinación de cuál es la cantidad de información que puede procesar y manejar un operador ante una situación problemática, y en consecuencia, cómo se debe diseñar el sistema de monitoreo y las alarmas para que esa *carga cognitiva* disminuya a niveles seguros o aceptables.

Más allá de las características de la tecnología subyacente desde el punto de vista del diseño de interfaces podemos dividir los problemas que presentan las interfaces de estos sistemas en dos grandes grupos: el *mostrado* del estado del proceso de manera efectiva y las *interacciones* que deben proveerse para que la tarea propuesta pueda llevarse a cabo con éxito.

Es indiscutible que uno de los factores en común lo constituye el humano: es el operador el que debe poder interpretar la información mostrada, interactuar para poder acceder a la información que necesita para determinar la acción a seguir y poder completar el ciclo realizando las acciones correctivas necesarias.

Un abordaje posible al problema del monitoreo y control de procesos industriales se puede realizar en el marco de la Interacción Humano Computadora. Un enfoque de este tipo enfatiza los aspectos humanos en la concreción de interacciones efectivas.

## 2 El Factor Humano en los procesos de monitoreo y control

El humano es el elemento central en los sistemas interactivos. Los sistemas deben asistir al usuario en la concreción de sus tareas. Para poder diseñar algo para alguien, debemos tener en cuenta sus capacidades y limitaciones. La consideración de las características básicas del humano en cuanto a sus capacidades perceptuales y habilidades cognitivas en el proceso de diseño determinarán una mejora en la usabilidad del sistema, en su performance y en su efectividad.

Al momento de tratar de entender cómo interactúa el humano con su entorno es útil contar con un modelo, una visión simplificada, que permita analizar la secuencia de procesos que ocurren en nuestros cerebros al interactuar con el entorno.

Han sido propuestos muchos modelos, en particular en 1983 Card, Moran y Newell presentaron el Modelo de Estados de Procesamiento de Información Humano (Fig. 1). Este modelo, si bien no es exacto, constituye un marco de referencia útil para estudiar y entender el procesamiento cognitivo.

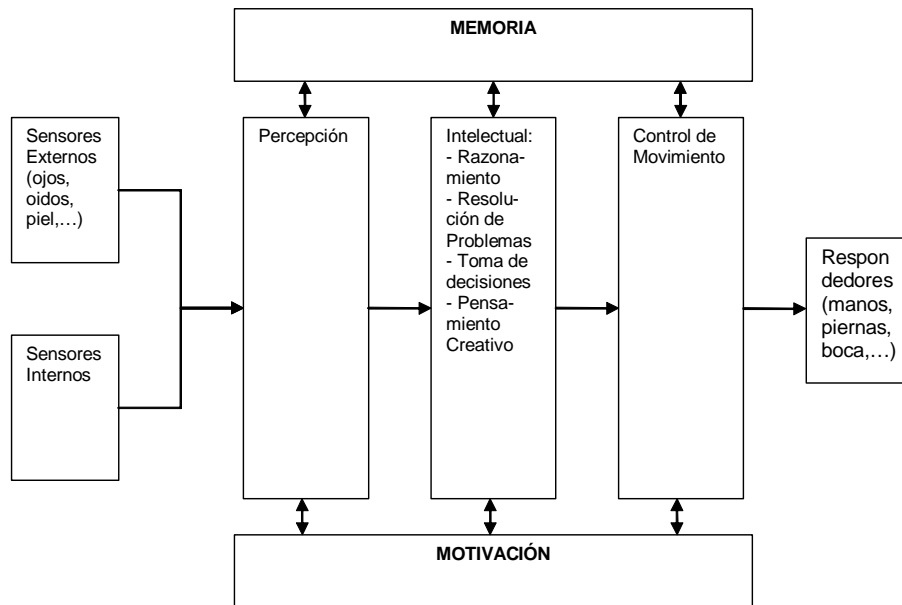


Fig. 1: Modelo de Estados de Procesamiento de Información

Como puede apreciarse en la figura, el modelo consiste en tres subsistemas interactuando entre sí. Los estímulos sentidos en el entorno son procesados por el sistema perceptual, el sistema motor es el que controla los movimientos, y el cognitivo provee el procesamiento adecuado para conectar a los otros dos. En cada etapa se tiene acceso a la información almacenada en memoria y todo el proceso está influenciado por la motivación del usuario.

Para nuestro caso de estudio reformularemos el modelo anterior, enfocándolo al proceso de monitoreo y control de procesos. El modelo de interacción entre el operador y el proceso es el mostrado en la Fig. 2.

En el modelo puede apreciarse que la información sobre el proceso es capturada por los instrumentos. Los datos sentidos por los instrumentos deben convertirse en información que es mostrada en los displays de la sala de control, esos datos también alimentan al sistema de alarmas constituyendo junto con los displays su *única visión* del estado del proceso. Una vez sensada, la información de los displays ingresa al subsistema del

operador, donde es procesada y de considerarlo necesario se responderá a través del conjunto de controles disponibles.

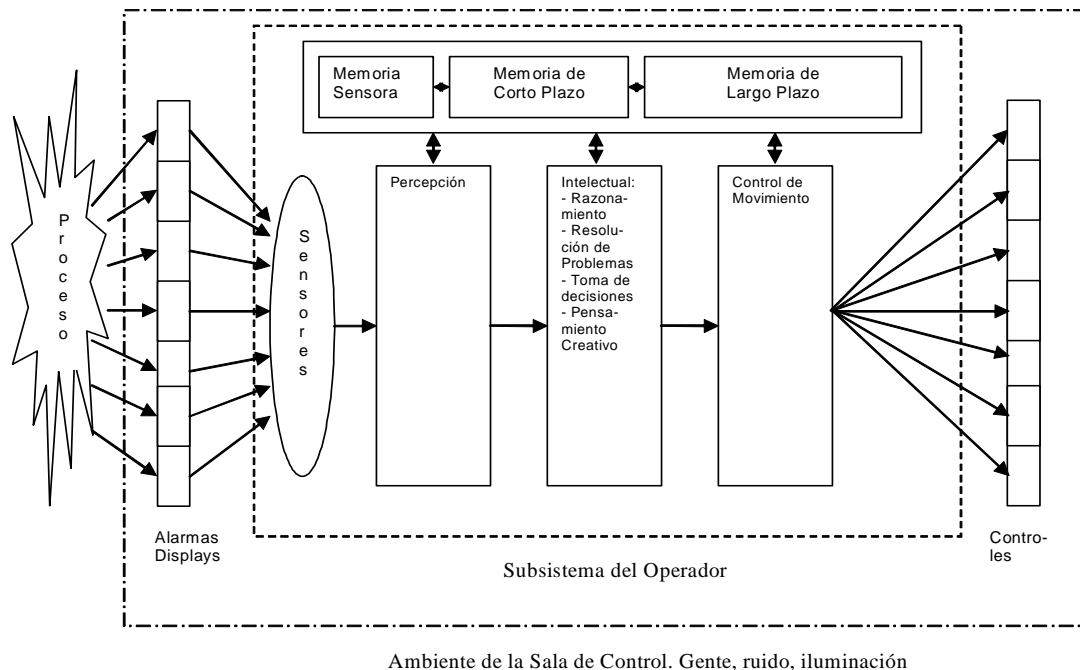


Fig. 2: Modelo de Interacción Operador-Proceso

Un aspecto que no podemos ignorar es que todo ese proceso se lleva a cabo en el ambiente de la sala de control. El ambiente influye en la manera de percibir la información presente en los displays, impactando fuertemente las condiciones de iluminación, ruido y otros aspectos un tanto más sutiles, como los socio-organizacionales de la empresa.

La información capturada del ambiente es sensada y almacenada en las memorias sensoras o icónicas y desde allí pasa a la denominada memoria de corto término. En estas primeras etapas la información es procesada por el sistema perceptual.

Los estímulos crudos son sensados, para luego ser percibidos. Es decir, hay todo un proceso cognitivo que permite transformar los estímulos sensados en información percibida. La efectividad de este proceso depende fuertemente de la manera en que se presentan los datos en los displays, en la carga cognitiva a la que se someta al operador. En un extremo si la entrada no está bien diseñada la transformación en información, su interpretación, excederá al procesamiento perceptual, involucrando ya un proceso intelectual. El proceso intelectual es más lento involucrando la memoria de largo plazo. Todo lo anterior está relacionado con la interpretación de los datos de entrada, restando aún su evaluación y la toma de decisiones. Estas últimas actividades son netamente intelectuales y determinarán la respuesta que se exteriorizará por los centros de control de movimientos. El proceso intelectual tiene la característica de ser influenciado por el entrenamiento; con el tiempo, el humano desarrolla habilidades que le permiten mejorar la performance en este tipo de actividades. También se ha establecido que si la complejidad de la tarea a realizar es alta, se perjudica la performance del proceso perceptual. Resultados similares se observan cuando la persona está sometida a altos niveles de estrés.

Uno de los objetivos perseguidos es determinar de qué manera presentar los datos para lograr disminuir la carga del sistema perceptual y favorecer la etapa del procesamiento intelectual de la información percibida.

## **2.1 Atención visual, búsqueda y Monitoreo de Sistemas**

La atención visual está asociada al movimiento ocular. Nosotros prestamos atención a aquello que estamos mirando. En este sentido es útil la metáfora del reflector para describir la interrelación existente entre la posición del ojo y el campo útil de visión. El diámetro del haz de luz, medido como ángulo visual, describe el tamaño del campo visual útil. La dirección del mismo queda determinada por el movimiento de los ojos.

Este modelo ha sido desarrollado en el contexto de los sistemas de supervisión de control, para reflejar la manera en que las personas recorren los paneles de indicadores. Dadas las consecuencias que podría tener un juicio erróneo o una decisión equivocada por parte del operador, el diseño de la interfaz es un elemento crítico.

Resulta claro que los mecanismos de atención visual, impactan fuertemente en el diseño de estas interfaces. Uno de ellos es lograr una manera efectiva de capturar la atención del operador ante la ocurrencia de un evento. En otras ocasiones, en lugar de mostrar simultáneamente la ocurrencia de cada uno de los eventos, es más útil mostrar la ocurrencia de un patrón de cambios de eventos, disminuyendo de esta manera la carga del sistema perceptual.

Según Ware [War00], en la mayoría de estos sistemas el operador debe monitorear un conjunto de instrumentos de una manera semi-repetitiva. En el modelado de las estrategias de supervisión usualmente se distinguen los siguientes elementos:

- Canales: Diferentes formas en la que el usuario puede recibir información. Pueden ser ventanas de un display, diales, indicadores luminosos, sonidos, etc.
- Eventos: Las señales que ocurren en los distintos canales, que al ser procesadas perceptualmente, proveen información útil.
- Costo esperado: Es el costo asociado a la pérdida de detección de un evento.

Los operadores del sistema basan sus estrategias de monitoreo en un modelo mental basado en la probabilidad de los eventos y sus costos asociados [Wic92, Mor86]. Charbonel y Sheridan [Cha68, She72] proponen que la conducta de monitoreo es controlada por otros dos factores: El crecimiento del grado de incertidumbre en el estado del canal y el costo de muestrear ese canal. El costo de muestreo del canal es inversamente proporcional a la facilidad con la que el display puede ser interpretado. Estos modelos han sido aplicados exitosamente en el diseño de los instrumentales de aviones.

Otros factores que pueden influir en los patrones de monitoreo:

- Los usuarios tienden a minimizar el movimiento de los ojos. El costo del muestreo se disminuye si los puntos se encuentran espacialmente cercanos.
- Puede existir un sobre-muestreo de canales en los cuales puede aparecer información poco frecuente. Se cree que esto puede deberse a las limitaciones de la memoria de corto plazo.
- Los operadores suelen exhibir comportamientos disfuncionales en situaciones de alto estrés. Bajo ciertas condiciones de crisis los operadores dejan de relevar simultáneamente la información presentada en varios canales [Mor89]. Se ha comprobado que ante una crisis, la fijación del operador queda atrapada esperando realimentación de un indicador determinado, en lugar de tomar otras acciones más efectivas.

- Los operadores suelen exhibir patrones de escaneo propios, incluso irrelevantes para la tarea propuesta [Meg79]

El concepto de campo de visión útil (UFOV) se utiliza para definir el tamaño de la región desde la cual podemos extraer rápidamente información. El tamaño del UFOV varía ampliamente dependiendo de la tarea y de la información mostrada. Experimentos realizados con displays densamente poblados determinan un tamaño del campo de visión útil de 1 a 4 grados. Por otro lado se ha determinado que para bajas densidades de caracteres el tamaño puede ser de hasta 15 grados. En resumen, el tamaño del UFOV varía para mantener en la zona de atención un número constante de objetos.

### 3 Conclusiones y trabajo futuro

Desde el punto de vista de diseño de interfaces, podemos dividir los problemas que presentan los sistemas de monitoreo y control de procesos en dos grandes grupos: el mostrado del estado del proceso de manera efectiva y las interacciones que deben proveerse para que la tarea propuesta pueda llevarse a cabo con éxito.

Respecto del mostrado, los problemas exceden la mera presentación de los datos que por su cardinalidad es un desafío. Además se debe abordar el tema de la ausencia de estándares no sólo de los elementos a presentar, sino también de qué información debe mostrarse y dónde.

Todo el esfuerzo que se invierta en estos temas redundará en una disminución de la carga del sistema perceptual, favoreciendo su interpretación y por lo tanto mejorando la performance del operador.

Otro aspecto a tener en cuenta es la organización de la información. Debido a su cantidad el mostrado debe particionarse lo que determina que la navegación entre las distintas vistas sea un punto crucial. Decidir qué información necesita el operador simultáneamente y qué datos son relevantes bajo determinadas circunstancias constituye todo un tema de investigación.

### Bibliografía:

- [Bai96] Bailey, R. *Human Performance Engineering*. Prentice Hall. 1996
- [Cha68] Carbonell, J.R et. al. *A queuing model of visual sampling*. IEEE Transaction on Man-Machine Systems, MMS-9, 82-87. 1968
- [Dix98] Dix, A., Finlay, J., Aboud, G., Beale, R. *Human-Computer Interaction*. Prentice Hall Europe, 2<sup>nd</sup>. Edition. 1998
- [Meg79] Megaw, E., Richardson, J. *Target uncertainty and visual scanning strategies*. Human Factors 21. 303-316. 1979
- [Mor86] Moray, N. *Monitoring behavior and supervising control*. In Handbook of Perception and Human Performance. 1981
- [Mor89] Moray, N, Rotenberg, I. *Fault management in fault control*. Ergonomics 32. 1989.
- [Shn98] Shneiderman, Ben. *Designing de User Interface..* Addison-Wesley Publishers Company. 1998
- [Wic92] Wickens, C.D. *Engineering Psychology & Human Performance*. Harper Collins. 1992
- [War00] Ware, C. *Information Visualization: perception for design*. Morgan Kauffmann. 2000.